

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-299024

(43)Date of publication of application : 12.11.1993

(51)Int.Cl.

H01J 23/36

(21)Application number : 04-102721

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 22.04.1992

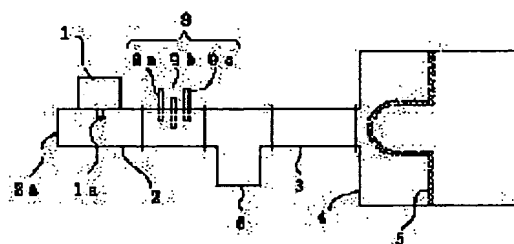
(72)Inventor : HARADA AKIICHI

## (54) MAGNETRON APPLIED DEVICE

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To use a magnetron applied device in a stable condition, and improve fine processing accuracy by keeping a microwave output constant, and adjusting frequency in the optimal frequency range of a plasma generator.

**CONSTITUTION:** The influence of a reflected wave generated from an isolator 6 to a cavity 4 is absorbed by an operation of the isolator 6, and a load impedance condition of a magnetron 1 is determined by a set condition of a stab tuner 9 being an impedance adjusting means incorporated into a microwave circuit between the magnetron 1 and the isolator 6. The mass-production magnetron having frequency accuracy of  $\pm 0.5\%$  is used, and a microwave output is kept constant, and frequency of the magnetron 1 is adjusted by using the stab tuner 9 being the impedance adjusting means, and is set in a frequency condition to obtain the optimal condition by means of a plasma generator. Thereby, fine processing accuracy is improved in a plasma etching device and so on for processing a semiconductor element, so that a highly productive device can be provided by using the inexpensive magnetron.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-299024

(43) 公開日 平成5年(1993)11月12日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 J 23/36

識別記号

庁内整理番号

8326-5E

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平4-102721

(22) 出願日 平成4年(1992)4月22日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 原田 明一

千葉県茂原市早野3300番地 株式会社日立  
製作所茂原工場内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

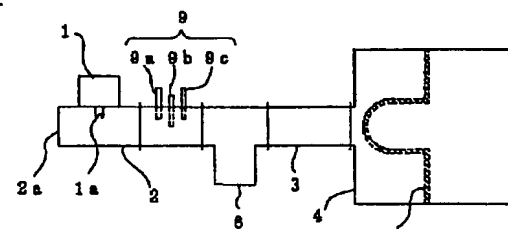
(54) 【発明の名称】 マグネトロン応用装置

(57) 【要約】

【目的】 電子レンジ用に大量に生産されて性能価格比が非常に良好なマグネトロンを利用して、大幅に使用条件が異なり、最適周波数の条件が厳しい場合にも容易に対応できるようにしたマグネトロン応用装置を提供することにある。

【構成】 マグネトロンで発生させたマイクロ波を負荷へ導く立体回路の途中に負荷側から反射されてマグネトロンへ戻る反射波を吸収する手段を設けた上に、更に、前記吸収手段とマグネトロンとの間の立体回路に、スタブ形のインピーダンス調整手段を設けることにした。

図 1



1 : マグネトロン

1 a : アンテナ

2 : ランチャー

2 a : バックブランジャー

3 : 導波管

4 : キャビティ

5 : 絶縁物容器

8 : アイソレータ

9 : スタブチューナ

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 マグネトロンで発生させたマイクロ波を負荷へ導くための導波管等からなる立体回路の途中に負荷側から反射されてマグネトロンへ戻る反射波を吸収する手段を設けたマグネトロン応用装置において、前記反射波を吸収する手段とマグネトロンとの間の立体回路に、スタブ形のインピーダンス調整手段を設けたことを特徴とするマグネトロン応用装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、電子レンジ用に極めて大量に生産された結果、原価が非常に低減された品種のマグネトロンを、電子レンジの場合とは大幅に使用条件が異なる、例えばプラズマ発生装置などに利用したとき、最適周波数の条件が厳しい場合にも容易に対応できるようにしたマグネトロン応用装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 マグネトロンで発生させたマイクロ波を利用する従来からの装置としては、現在広く普及し、殆ど各世帯に所有されていると言われているほど非常に多数使用されている電子レンジが典型的な代表例であり、また公知のように古くからレーダ用にも用いられているが、その他にも未だ種々のものがある。比較的新しい用途としては、集積回路の微細化が止まることなく進む半導体工業で、その微細な回路パターンをフォトリソグラフィ技術によって形成するのに欠かせないドライエッチング法の一つとして、例えば実開昭54-131476号公報に開示されているようなマイクロ波プラズマエッチング法が重用されている。

【0003】 図3は上記実開昭54-131476号公報に開示されたマイクロ波プラズマエッチング装置を示す図面である。導波管（立体回路）3の一端に取付けられたマグネトロン1のアンテナから放射されたマイクロ波は導波管3を伝搬し、コイル12によって励磁された静磁界内に配置された絶縁物容器5とキャビティ4の中に入れてある放電用ガスを励起してプラズマ状態にする。このマイクロ波プラズマエッチング装置では、こうして発生させたプラズマ10中に負電位に保持した試料（エッチング対象基板）11を配置して、試料上の対象部位を所謂イオンミリングにより除去する。

【0004】 図4は図3に示したマイクロ波プラズマエッチング装置のマイクロ波立体回路部分を機能的に示した概念図である。図中、1はマグネトロン、1aはマグネトロンのアンテナ、2はアンテナ1aを内包するランチャー（高周波結合器）、2aはランチャーのバックブランジャー（短絡板）、3は導波管、4はキャビティ、5は絶縁物容器である。マグネトロン1から見ると、アンテナ1aから放射されたマイクロ波は、一部はバックブランジャー2aの方向へ、他はキャビティ4の方向へ進む。バックブランジャー2aへ向かったマイクロ波は

バックブランジャーで反射され、一部はアンテナ1aからマグネトロン1に戻るが、他はキャビティ4の方向へ進む。すなわち、マグネトロン1のアンテナ1aから負荷を見たインピーダンスは、キャビティ側すなわち負荷側からの反射が無い状態つまり整合状態であっても、バックブランジャー2aからの反射の影響を受けるので、日本ではE I A J（日本電子機械工業会）で反射の無い標準高周波結合器の形状を定めており、特に出力試験などに利用されている。

10 【0005】 キャビティ4の内部の、絶縁容器5で囲まれた部分4bには、エッチングガスが供給されているので、キャビティ4へ伝搬してきたマイクロ波によりガスが励起されてプラズマ状態になる。プラズマ10の状態や試料11やその保持機構の位置関係が変化すると、キャビティ4からのマイクロ波の反射が変化し、その結果、マグネトロンから発生するマイクロ波の出力（発振効率）や周波数が変化する。更に、マグネトロンの基本波スペクトラムも、負荷インピーダンスの影響を強く受ける。このためにプラズマが不安定となり、極端な場合にはプラズマが消えてしまう。

20 【0006】 これを防止するために、一部のプラズマ発生装置では、図5に示すように、マグネトロン1とキャビティ4の間の立体回路の途中に、キャビティ4からの反射波のみを吸収するようにアイソレータ6を付加している。アイソレータ6は、マグネトロン1からキャビティ4へ向かうマイクロ波はそのまま通過させるが、キャビティ4からマグネトロン1に向かう反射波は吸収するように設置されている。従って、マグネトロン1にはキャビティ4からの反射波は殆ど無視できる程度になるので、マグネトロン1のアンテナ1aからキャビティ4を見たインピーダンスは一定になり、マイクロ波の出力（発振効率）や周波数は安定する。

30 【0007】 一方、キャビティ4からの反射が大きくなると、プラズマを発生させるマイクロ波の利用効率が低下するため、プラズマ装置の一部では、図6に示すように、キャビティ4とアイソレータ6との間の立体回路の途中に、3～4本の金属棒からなるスタブ7a、7b、7cを、使用するマイクロ波の導波管内通過時の波長（管内波長 $\lambda_g$ ）のほぼ1/8ごとに配設したスタブチューナ7を配置している。パワーモニタ8は、これが設置された導波管内を通過する進行波と反射波とを分離し、それぞれの出力を指示するものである。パワーモニタ8の指示値を見ながら、スタブチューナ7の金属棒よりなる調整部材すなわちスタブ7a、7b、7cの導波管内への突出長を調整することにより、マグネトロン1の側からキャビティ4へ向かう進行波に対して、キャビティ4からの反射波を最小にすることが出来るので、マイクロ波の利用効率を上げることができる。

## 【0008】

40 【発明が解決しようとする課題】 近年、マイクロ波が種

々の製造作業に利用されるようになったが、原理的に電子レンジと同様な木材などの乾燥装置のほかに、たとえば既述のように、半導体製造工程の一つであるウェーハエッチング作業で、エッチングガスをプラズマ状態にしてウェーハに対して垂直に導くことにより、微細加工する技術やその装置があり、これらは急速に進歩してきて、好んで用いられている。このドライエッチング作業の際に、エッチング状態を最適化するためには、プラズマを安定させる必要がある。プラズマの安定化のためには、プラズマを発生させるキャビティの構造や、キャビティの中の絶縁物容器などの設計が非常に重要になる。また、装置からのマイクロ波漏洩防止をも考慮する必要がある。これらの改善の結果として、マグネトロン応用装置のキャビティを含んだ負荷は周波数依存性が非常に高くなり、マイクロ波の周波数変化に対するプラズマの安定発生領域が狭くなり、マグネトロンが発生するマイクロ波の周波数が変化するとプラズマが不安定になる。極端な場合には、プラズマが消えてしまうことさえ経験された。

【0009】さらに、エッチング状態を最適化するためには、プラズマ濃度を大きく変えて調整する必要がある。通常マグネトロンのマイクロ波出力を変化させて調整している。マグネトロンのマイクロ波出力を変化させる手段としては、マグネトロンの陽極電流を調整する方法が従来から広く例えば電子レンジなどで利用されている。しかし、マグネトロンの陽極電流を調整することによりマイクロ波の出力を制御する方法は、マグネトロンにはプッシングという現象（マグネトロンのマイクロ波負荷条件を一定に保っても、マグネトロンからのマイクロ波の周波数が陽極電流の値に依りて変化する現象）があるため、周波数が変化する。

【0010】さらに、EIAJの標準高周波結合器を使用し、アイソレータも付加した構成にしても、マイクロ波出力源として電子レンジ用に大量生産された安価なマグネトロンは、その整合負荷条件での周波数のバラツキが大きいので、せっかく安価な電子レンジ用マグネトロンを活用して高付加価値化しようと図っても目的を果たせないことがあった。

【0011】以上、半導体ウェーハ加工用プラズマエッチング装置を例にして説明したが、プラズマを利用した装置、例えば、半導体製造用イオン打ち込み装置、マイクロ波応用無電極ランプ（UV光源）などにおいても同様な事態が生じていた。

【0012】本発明は、極めて大量に生産され、そのため性能価格比が非常に良好になっている電子レンジ用のマグネトロンを利用しながら、マグネトロンの長寿命化もできるようにし、利用目的に対して最適な使用条件を得るために、マイクロ波出力を自由に大幅に変化させても、プラズマが常に安定した状態で発生できるようにしたマイクロ波プラズマ発生装置などのマグネトロン応用

装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明においては、マグネトロンで発生させたマイクロ波を負荷へ導くための導波管等からなる立体回路の途中に負荷側から反射されてマグネトロンへ戻る反射波を吸収する手段を設けたマグネトロン応用装置において、前記反射波を吸収する手段とマグネトロンとの間の立体回路に、更にスタブ形のインピーダンス調整手段を設けることにした。

【0014】

【作用】本発明者は、まず、マグネトロンの動作特性を詳しく測定することによりマグネトロンの最適使用条件を求めることにした。図7は、マグネトロンの負荷特性図で、一般にリーケ線図と呼ばれている。これは、平均陽極電流が一定の条件で負荷インピーダンスを変化させたとき、マグネトロンが発生するマイクロ波の電力と周波数を、インピーダンスチャート（スミス図）上にプロットしたものである。マグネトロンの負荷インピーダンスが変化するとマイクロ波の電力（実線）も周波数（破線）も変化することが分かる。中央が整合状態を示し、半径方向に大きくなるにしたがって反射またはVSWR（電圧定在波比）が大きくなる。図7に示した2M214形マグネトロン（電源は商用単相交流を全波整流）のリーケ線図の場合、平均陽極電流300mAの整合動作条件では、出力が900W、周波数が2455MHzのマイクロ波が発生される。ちなみにこのリーケ線図から、負荷インピーダンスを、例えば900Wの等出力線に沿って動かせば、周波数を20MHz以上にわたって変化させ得ることが分かる。なお、この図中、(1)は所謂モーディングを生ずる領域、(2)はマグネトロン管外の接続個所でアーク放電が生ずる領域、(3)はアンテナやチョークコイルが過熱する領域、(4)は発振効率が低くなってしまふ領域である。

【0015】一方、電子レンジ用マグネトロンは量産品であり、そのマイクロ波周波数は現在通常 $\pm 0.5\%$ の精度で生産されている。この精度を $\pm 0.1\%$ 以下とすることは歩留上不可能であり、逆にそのようなマグネトロンの生産を強行すれば極端に高価なものになってしまう。従って、 $\pm 0.5\%$ の周波数精度で生産されたマグネトロンを使いこなすことが必要になる。

【0016】そのために本発明では、立体回路中にマグネトロンの負荷インピーダンスを調整する手段を設けて、マグネトロンからのマイクロ波の周波数を所望の如く調整することにより、マイクロ波プラズマ発生装置として最適なプラズマ状態に設定できるようにしたのである。

【0017】

【実施例】図1は本発明の第1実施例図である。図中、1はマグネトロン、1aはアンテナ、2はランチャー

5

(高周波結合器)、3は導波管、4はキャビティ、5は絶縁物容器、6はアイソレータ、9は本発明に係るインピーダンス調整手段、例えばスタブチューナである。インピーダンス調整手段であるスタブチューナ9は、マグネトロン1とアイソレータ6との間の立体回路中に組み込まれている。

【0018】このような装置においては、アイソレータ6以降の部分、即ちアイソレータ6からキャビティ4までに発生する反射波の影響を、アイソレータ6の働きにより吸収できるので、マグネトロン1の負荷インピーダンス条件はインピーダンス調整手段であるスタブチューナ9の設定条件で決まる。

【0019】一方、電子レンジ用マグネトロンは量産品であり、その発生するマイクロ波周波数は現在通常±0.5%の精度で生産されている。この精度を±0.1%以下にすることは歩留上不可能であり、逆にそのようなマグネトロンは極端に高価なものになる。従って、±0.5%の精度で生産されたものを使いこなすことが必要になる。周波数精度±0.5%の量産マグネトロンを用い、マイクロ波出力をほぼ一定とし、インピーダンス調整手段を用いてマグネトロンの周波数を調整することにより、プラズマ発生装置で最適プラズマ状態が得られる周波数条件(キャビティの形状材料、その内部の構造物の位置形状材料およびエッチングガスの種類等により最適周波数条件は異なる)に設定する方法を、以下に説明する。

【0020】例えばスタブチューナ9により、マグネトロン1の負荷インピーダンス条件を調整することを、図7を用いて説明する。整合負荷条件での発振周波数が例えば2450MHzのマグネトロンがあり、プラズマ発生装置の最適プラズマ状態を得る周波数条件が例えば2458MHzから2462MHzの間であったとする。この場合、例えば整合動作条件での出力を保ったまま最適周波数条件に設定するためには、図7に示す900Wの等出力線に沿って左方向にインピーダンス点を移動させて+10MHzの等周波数線との交点にできるように、スタブチューナ9の各スタブの導波管内への挿入長を調整する。インピーダンス点の移動のためには、1~4本のスタブ(金属棒)を通常使用する。3本以上のスタブを使用する場合はマイクロ波の導波管内通過時の波長(管内波長:  $\lambda_g$ )のほぼ1/8波長毎に配設する。スタブが1本か2本の場合は、マグネトロン1のアンテナ1aから最初のスタブ9aまでの距離Lを規定する必要がある。それは、スタブが1本または2本の場合には、スミス線図全面上の任意のインピーダンス点に移動できないことが理論的にも分かっているからである。

【0021】例えば、スタブが1本の場合、マグネトロン1の特性が図7に示すようであるならば、 $L = (0.25 \pm 0.05) \lambda_g$ とし、スタブを導波管の中に挿入してゆくと、マグネトロンのマイクロ波出力はほぼ一定

6

で周波数のみが整合負荷時に比較して徐々に低くなる。一方、 $L = (0.40 \pm 0.05) \lambda_g$ とし、スタブを導波管の中に挿入してゆくと、マグネトロンのマイクロ波出力はほぼ一定で周波数のみが整合負荷時に比較して徐々に高くなる。

【0022】一般に、マグネトロンのシンク位相  $L_{\text{sink}}$  (リーケ線図上でVSWR=2または4で、周波数ジャンプの発生する位相を整合周波数の波数で計算) に対して、 $L = (L_{\text{sink}} + 0.5N \pm 0.05) \lambda_g$  (但しNは自然数) としてスタブを導波管の中に挿入してゆくと、マグネトロンの出力はほぼ一定で周波数のみが整合負荷時と比較して徐々に低くなり、 $L = (L_{\text{sink}} + 0.15 + 0.5N \pm 0.05) \lambda_g$  (但しNは自然数) としてスタブを導波管の中に挿入してゆくと、マグネトロンのマイクロ波出力はほぼ一定で周波数のみが整合負荷時に比較して徐々に高くなる。

【0023】次に、スタブが2本の場合は、第1のスタブを  $L = (L_{\text{sink}} + 0.5N \pm 0.05) \lambda_g$  (但しNは自然数) の位置とし、第2のスタブを  $L = (L_{\text{sink}} + 0.15 + 0.5N \pm 0.05) \lambda_g$  (但しNは自然数) の位置に立て、スタブを導波管の中に挿入してゆくと、マグネトロンのマイクロ波出力はほぼ一定で周波数のみが変化する。例えば、まず第2のスタブを挿入し、VSWR=4とし、次に第1のスタブを挿入してゆくと、出力はほぼ一定で、周波数は高い値から徐々に低くなり、整合負荷時と同じ周波数となり、そして、さらに徐々に低くなる。即ち、この場合は、装置の製造段階で第2スタブの挿入長を一定長に固定し、第1のスタブの挿入長を調整する方式とすれば、以降の調整および保守交換作業においては、第1のスタブの調整だけで済むので、容易に周波数の調整ができる。

【0024】スタブが3本以上の場合には、動作点を全インピーダンス面上任意の点に移動可能になるので、マグネトロン1のアンテナ1aから最初のスタブ9aまでの距離を特に規定する必要がない。通常、3~4本のスタブがスタブチューナとして利用されている。

【0025】現在は小型軽便な周波数計が市販されており、マグネトロンを保守交換する場合においても、そのような周波数計とパワーモニタ8の併用により、容易に最適動作点に設定が可能となる。即ち、所望のマイクロ波電力と周波数に設定ができ、安価な量産型マグネトロンを用いながら、高付加価値のプラズマ発生装置を実現できる。

【0026】図2は本発明の第2実施例図である。図1に示した第1実施例との違いは、アイソレータ6とキャビティ4との間の立体回路部分に、スタブチューナ7、パワーモニタ8を設置した点である。この結果、スタブチューナ7を構成する金属棒調整部材すなわちスタブ7a、7b、7cの導波管内への突出長を調整することに

7

より、マグネトロン側からキャビティ4へ向かう進行波に対して、キャビティ4からの反射波を最小にすることができるので、マイクロ波の利用効率を上げることができる。そして、スタブチューナ7の調整状態はパワーモニタ8でマイクロ波の進行波と反射波を監視しながら行うことができる。従って、プラズマを最適状態に設定することができ、さらに高付加価値のプラズマ発生装置が実現できる。

【0027】

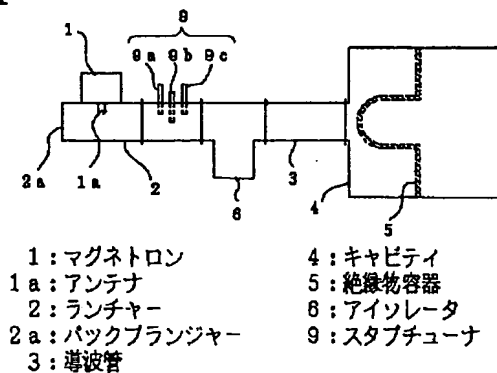
【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、マグネトロンからのマイクロ波の出力をほぼ一定に保ったまま、プラズマ発生装置の最適周波数範囲に、その周波数を調整できるので、常に所望の発振状態すなわち安定したプラズマ状態で使用できるようになる。従って、本発明を、半導体素子加工用の、例えばプラズマエッチング装置などに利用すれば、微細加工精度が向上し、製品歩留の高い、生産性の高い装置を、安価なマグネトロンを使用して実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例図である。

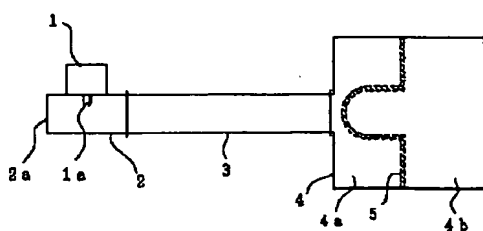
【図1】

図1



【図4】

図4



8

【図2】本発明の第2実施例図である。

【図3】従来例として実開昭54-131476号公報に開示されているマイクロ波エッチング装置を示す図である。

【図4】上記従来例のマイクロ波立体回路部分を機能的に示した概念図である。

【図5】従来のマグネトロン応用装置の他の例を示す図である。

【図6】従来のマグネトロン応用装置の更に他の例を示す図である。

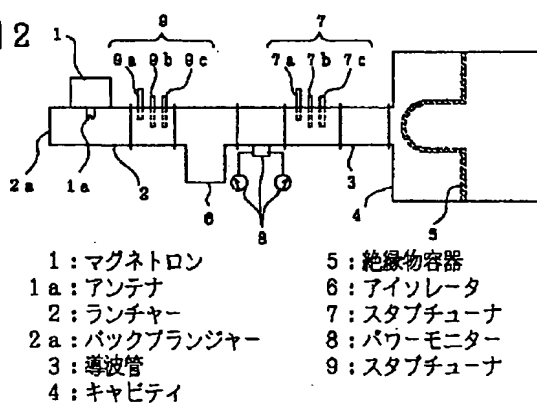
【図7】マグネトロンのリーケ線図の一例を示す図である。

【符号の説明】

1…マグネトロン、 1a…アンテナ、 2…ランチャー、 2a…バックプランジャ、 3…導波管、 4…キャビティ、 5…絶縁物容器、 6…アイソレータ、 7…スタブチューナ、 8…パワーモニタ、 9…スタブチューナ、 9a、9b、9c…スタブ、 10…プラズマ、 11…試料。

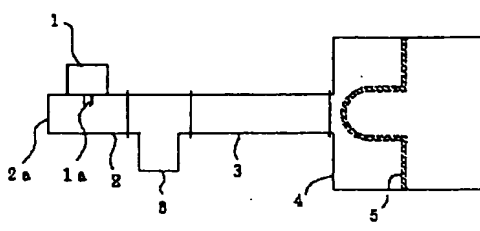
【図2】

図2

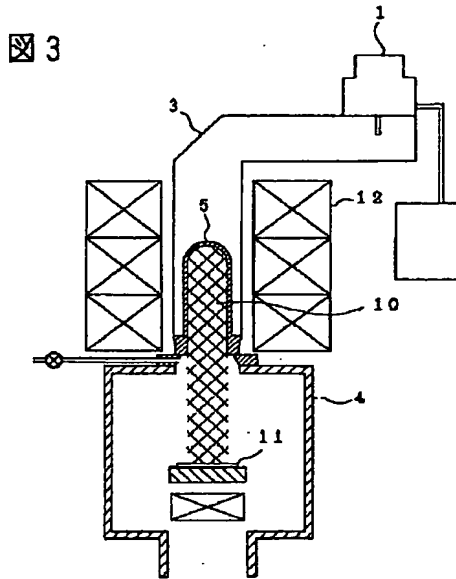


【図5】

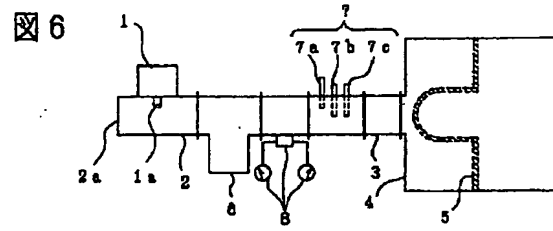
図5



【図3】



【図6】



【図7】

図 7

